Aus der Röntgen-Abteilung (Prof. Dr. Dyes) der Chirurgischen Universitätsklinik Würzburg.
(Vorstand: Prof. Dr. Kappis †).

Der Cubitalwinkel im Röntgenbild

Inaugural-Dissertation
verfaßt und einer
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der Doktorwürde
vorgelegt von

Ulrich Frost
aus Gumbinnen/Ostpr.

1939

Buchdruckerei Richard Mayr, Würzburg.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät.

Berichterstatter: Prof. Dr. D y e s.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Daß die röntgenologische Diagnostik aus dem heutigen klinischen Betrieb nicht mehr wegzudenken ist, ist eine feststehende Tatsache. Weitergehend sind die Forderungen, auch dem praktischen Arzt durch passende Apparate die Möglichkeit zur Durchleuchtung und zu Aufnahmen z. B. in der sogenannten kleinen Chirurgie zu geben. Was für scheinbar geringfügige Unachtsamkeiten dabei als Fehlerquellen bei der Beurteilung der Röntgenbilder besonders durch Ungeübtere auftreten können, soll als Beispiel an einem Modellversuch gezeigt werden. Die Ursachen dieser Fehler liegen dabei in folgendem oft nicht beachteten mathematischen Prinzip. Bei einer Röntgenaufnahme projiziert man einen Körper, also ein räumliches Gebilde, auf eine Ebene. Dabei werden alle Ebenen, die der Bildebene parallel liegen, unverzerrt, alle Ebenen, die der Bildebene nicht parallel sind, in perspektivischer Verzeichnung erscheinen. Ebenso werden alle Winkel, deren Schenkel der Bildebene parallel sind, in natürlicher Größe, deren Schenkel dieser aber nicht parallel sind, ebenfalls perspektivisch verzeichnet erscheinen, und zwar folgendermaßen: Alle Winkel unter 180° werden größer, alle Winkel über 180° kleiner werden, je mehr sich ihre Schenkel gleichmäßig von der Projektionsebene entfernen, wenn der Scheitelpunkt des Winkels Drehpunkt der Bewegung ist. Ein Probeversuch hierzu ist praktisch leicht durchführbar. Man nehme einen Winkel, z. B. einen winklig gebogenen Draht und halte ihn in beliebiger Höhe so über die Tischplatte, daß die beiden Drahtenden der Platte parallel sind und leuchte mit parallelstrahligem Licht, so wird in dieser Stellung der auf die Unterlage projizierte Winkel ebenso groß sein wie der Drahtwinkel. Dreht man diesen nun mit dem Scheitelpunkt als Drehpunkt so, daß die Schenkel sich gleichmäßig der Unterlage nähern oder sich von ihr entfernen, so wird der projizierte Winkel immer

größer, bis seine Schenkel in einer Geraden liegen, der Winkel 180° groß ist.

Dreht man den Drahtwinkel um einen der Unterlage parallelen Schenkel als Drehachse, so werden alle Winkel unter 90° kleiner, über 90° größer erscheinen, als es der Drahtwinkel ist.

Auf den menschlichen Körper übertragen, bedeutet das, daß die Winkel, die von einzelnen Skeletteilen untereinander gebildet werden und die ja selten parallel zur Filmebene liegen, perspektivisch verzeichnet werden. Wenn diese verzeichneten Winkel nun nicht in den Raum gedacht werden, besteht die Gefahr, die tatsächlich vorhandene Winkelstellung zu überschätzen oder zu unterschätzen und auf diese Weise einem Irrtum zu verfallen. Besonders darauf achten müssen wird man bei Aufnahme von Extremitäten, da diese ja außerordentlich beweglich und im Raum verstellbar sind. Zum Beweis hierfür wurde an der oberen Extremität als der beweglichsten und daher dem beschriebenen diagnostischen Fehler am meisten ausgesetzten Körperteil ein Modellversuch gemacht.

Dazu sei erst eine Beschreibung der Achsen des Armes und seiner Gelenke und ihrer Mechanik mit besonderer Berücksichtigung des Ellenbogengelenkes gegeben. Ich wendete dabei die von R. Fick gebrauchten Achsenbeschreibungen an.

1. Die Oberarm-Schaftachse läuft vom Krümmungsmittelpunkt des Oberarmkopfes zur Mitte der queren Epikondylenlinien.

2. Die Ellenachse ist die Verbindungslinie zwischen dem Mittelstück der Führungsleiste ihrer humeralen Gelenkfläche und dem ihrer distalen Köpfchenfläche.

3. Die Mittelachse durchsetzt die Ursprungsstelle des oberflächlichen Fingerbeugers, die etwas über dem unteren Knorrenrand liegt, und auf der lateralen Seite den Supinatorursprung dicht unter der höchsten Erhebung des äußeren Oberarmknorrens. Mittelachse wird sie von Hultkranz aus folgendem Grund genannt: O. Fischer hat bei seinen Untersuchungen gefunden, daß das Ellenbogengelenk kein reines Scharniergelenk mit nur einer Achse ist, wie etwa die Scharniere einer Tür, sondern daß jeder Beugungswinkel bei der Beugung des Unterarmes gegen den Oberarm eine eigene

Achse hat. Würde man die einzelnen Achsen dadurch markieren, daß man Drahtstücke durch den Ellenbogen sticht, so würden deren Enden lateral und medial herausragend die Form zweier unregelmäßig kegelförmiger, mit der Spitze aufeinander stehender Gebilde zeigen. Man kann sich das vielleicht versinnbildlichen durch den Vergleich mit einer Eieruhr. Da nun aber die einzelnen Achsen nur um geringeWinkelgrade voneinander abzuweichen pflegen, es außerdem gewöhnlich nicht möglich und auch nicht nötig ist, für jeden Beugungswinkel die zugehörige Achse festzulegen, hat Hultkranz obige Beschreibung als (Ellenbogen-)Mittelachse bezeichnet.

Oberarm und Ellenachse bilden nun zwei Winkel:

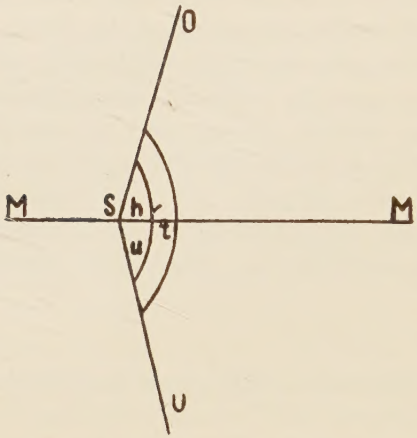
1. den Beugungswinkel:

Der Unterarm kann gegen den Oberarm von einem Winkel von 180° bei gestrecktem Arm bis zu durchschnittlich 45° bei stärkster Beugung gebracht werden. Zwar können manche Menschen, besonders zartgebaute weibliche Personen, den Arm über 180°, manche, besonders sehr muskulöse Männer, den Arm nicht bis 180° strecken, doch finden wir im Durchschnitt die Fähigkeit, den Unterarm gegen den Oberarm in eine Gerade zu bringen. Die größte Beugungsfähigkeit wird mit durchschnittlich 45° angegeben, doch hängt diese Zahl sehr von der Stärke der Muskeln ab.

2. den Cubitalwinkel:

Bei vollständig gestrecktem Arm und Supinationsstellung der Hand sieht man bei den meisten Menschen einen zweiten Winkel, den Cubitalwinkel. Auch seine Schenkel werden von der Oberarmschaft- und Ellenachse gebildet, doch ist er in der Richtung des abduzierten Daumens, also nach der radialen Armseite offen. Eine Ebene, die man durch diesen Winkel legt, steht senkrecht auf der Ebene des Beugungswinkels. Infolgedessen liegt in dieser Ebene auch die Mittelachse. Diese Mitelachse teilt den Cubitalwinkel in zwei Komponenten, den humeralen und den ulnaren Cubitalwinkel.

Skizze 1.



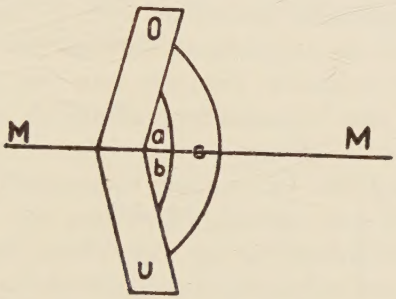
Es sei OS die Oberarmschaftachse,
US die Ellenschaftachse,
MM die Mittelachse,
. S der Scheitelpunkt des Cubitalwinkels,
h der humerale Cubitalwinkel,
u der ulnare Cubitalwinkel,
t der totale Cubitalwinkel.

Dabei sind $h = u$;
$h + u = t$

In der Regel sind nun die humerale und die ulnare Komponente gleich oder fast gleich groß, d. h. die Mittelachse halbiert den totalen Cubitalwinkel. Die Größe dieses Winkels ist bei den einzelnen Menschen recht verschieden. Bei männlichen Personen pflegt er größer als bei weiblichen zu sein. Selbst große Reihenuntersuchungen verschiedener Forscher haben recht unterschiedliche Ergebnisse gezeigt. So hat R. Fick aus verschiedensten Messungsergebnissen einen Durchschnittswert für den totalen Cubitalwinkel von 162° gefunden, Garré gibt Winkel zwischen 170° und 160° an, E. Fischer fand Werte von 155° und Lanz-Wachsmuth geben als kleinsten noch als physiologisch anzusehenden Winkel einen

Wert von 154° bei gestrecktem Arm an. Messungen der einzelnen Komponenten (R. Fick) haben ergeben, daß der humerale wie der ulnare Anteil gleich oder fast gleich groß sind. Man kann also damit rechnen, daß bei den meisten Menschen der Cubitalwinkel von der Mittelachse halbiert wird. Ungefähr prüfen kann man das dadurch, daß man dem Patienten aufgibt, den Unterarm mit supinierter Hand möglichst stark gegen den Oberarm zu beugen. Dann wird bei gleichem ulnaren und humeralen Cubitalwinkel die Hand über dem Caput humeri liegen. Ist dagegen der humerale Cubitalwinkel viel größer als der ulnare, so wird die Hand lateral vom Schultergelenk liegen. Den Mechanismus dieser Probe kann man sich leicht durch folgenden Papiermodellversuch klarmachen.

Skizze 2. (Nach R. Fick).



Dabei sei MM die Mittelachse,
O der Oberarm,
U der Unterarm,
h der humerale Cubitalwinkel,
u der ulnare Cubitalwinkel,
c der totale Cubitalwinkel.

Klappt man bei gleichen Winkeln h = u U um die Achse MM nach O, so werden sich U und O decken.

Nun wird bei einem Patienten mit einem fixierten Armbeugungswinkel von 90° eine Aufnahme gemacht und die Ausmessung ergibt, daß der Cubitalwinkel kleiner als 154° ist. Das kann zwei Ursachen haben:

1. Der Patient hat eine Valgusstellung des Armes, d. h., bei gestrecktem Arm wäre der Cubitalwinkel kleiner als 154°. (Vergleich mit dem anderen Arm). Diese Valgusstellung kommt ererbt vor, doch wird sie meist durch schlecht verheilte Brüche und dadurch bedingte übertriebene Schiefstellung der Mittelachse oder der Ellenzange hervorgerufen.

2. Der Zentralstrahl und die im Mittelpunkt der Mittelachse errichtete Senkrechte (ich möchte sie als Mittelsenkrechte bezeichnen) fallen nicht zusammen. Anders ausgedrückt, Film und Mittelachse sind nicht parallel, der Arm ist nach lateral „verdreht" vor den Film gebracht. Je mehr nun Zentralstrahl und Mittelsenkrechte voneinander abweichen, desto kleiner wird der Cubitalwinkel auf dem Film erscheinen, bis der Zentralstrahl mit der Mittelachse zusammenfällt, also senkrecht auf der Mittelsenkrechten steht und auf dem Film der Beugungswinkel abmeßbar wird. Es ergibt sich also bei vorliegendem Fall die Möglichkeit, daß auf dem Film ein Winkel von 154° bis 90° erscheint. Verdreht man den Arm nach medial, so verschwindet eine Valgusstellung allmählich immer mehr, ja es wird ein nach medial offener Cubitalwinkel erscheinen, also sogar eine Varusstellung des Unterarmes vorgetäuscht werden. Selbstverständlich wird eine starke Abweichung der Mittelsenkrechten vom Zentralstrahl schon bei der Einstellung des Armes bemerkt werden. Es soll aber aufmerksam gemacht werden auf die Möglichkeit, daß auch bei kleinen Abweichungen fälschlicherweise eine Valgus- oder Varusstellung diagnostiziert oder übersehen werden kann.

Folgender Fall ist der Grundgedanke meiner Versuchsaufnahmen. Ein Patient mit einem Beugungswinkel von 90° und einem Cubitalwinkel von 167°, also einem Winkel, der gerade auf der Hälfte zwischen ganz geradem Arm (180°) und kleinstem, noch als normal anzusehenden Cubitalwinkel (154°) liegt, wird geröntgt. Zur Veranschaulichung der dabei vorkommenden Fehler wurden am Skelett des rechten Armes folgende Aufnahmen mit einem Brennfleckfilmabstand von 70 cm gemacht.

Aufnahme 2: Beim Zusammenfallen von Mittelsenkrechter und Zentralstrahl.

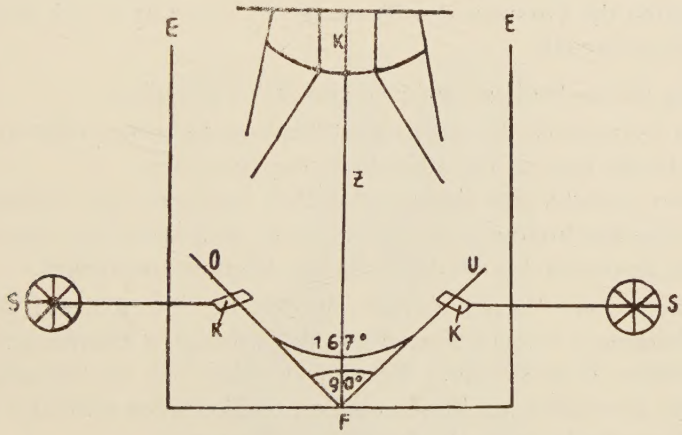
Beim Abweichen der Mittelsenkrechten vom Zentralstrahl nach lateral

Aufnahme 3 um 10°
Aufnahme 4 um 20°
nach medial
Aufnahme 5 um 10°
Aufnahme 6 um 20°.

Dazu wurde folgende Versuchsanordnung benutzt:

Bei einem Skelett des rechten Armes wurde mittels Draht und Heftpflaster ein Beugungswinkel von 90° und ein Cubitalwinkel von 167° fixiert. Dann wurde das Armskelett in zwei Eisenständer mit beweglichen Metallklammern montiert. Am Ende der Haltestangen der Klammern wurden zwei runde Scheiben mit einer Winkeleinstellung von 0° bis 360° befestigt.

Skizze 3.



Z sei der Zentralstrahl,
R die Röntgenröhre,
F der Film
K die Metallklammern,
U der Unterarm,
O der Oberarm,
E die Eisenständer,
S die Winkelscheiben.

Darauf wurde Zentralstrahl und Mittelsenkrechte in Einklang gebracht und Aufnahme 2 gemacht. Die Verdrehung des Armes nach lateral und medial wurde nun so bewerkstelligt, daß die beiden Haltestangen möglichst gleichzeitig und gleichmäßig um 10° gedreht wurden, was mit Hilfe eines Lotes an den Winkelscheiben kontrolliert wurde. Darauf wurde der senkrecht herabfallende Zentralstrahl wieder auf den Scheitelpunkt von Beugung und Cubitalwinkel gerichtet. Die Ausmessung der Aufnahmen ergab folgendes: Bei jeder Verdrehung des Armes um 10° verändert sich der Cubitalwinkel um 17°. Bei einer Verdrehung um 10° nach lateral (Aufnahme 3) ist er 150°, bei 20° lateral (Aufnahme 4) nur noch 143° groß. Auf Grund dieser Messung müßte also eine schwere Valgusstellung diagnostiziert werden. Bei der Drehung des Armes um 10° nach medial (Aufnahme 5) ist der Cubitalwinkel 184° (Komplementwinkel 176°) und um 20° (Aufnahme 6) 201° (Komplementwinkel 159°) groß. Es wird also ein fast gerader Arm oder sogar eine Varusstellung vorgetäuscht, obwohl der Cubitalwinkel 167° groß ist. Es ist bemerkenswert, daß die geringfügige Abweichung der Mittelsenkrechten vom Zentralstrahl (10°!) bereits Winkelmaße vortäuscht, die nach oben und unten die Grenzen des Normalen (154°—180° s. o.) beträchtlich überschreiten.

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich Folgendes:

1. Bei Aufnahmen des gebeugten Ellenbogengelenkes müssen Zentralstrahl und Mittelsenkrechte zusammenfallen.
   Man erreicht dies durch wagrechte Lagerung der Mittelachse (siehe Beschreibung der Mittelachse) und lotrechte Einstellung des Zentralstrahls auf die Mitte des Ellenbogengelenkes.
2. Valgus- und Varusstellungen müssen bei Verzicht auf die geschilderte e x a k t e Einstellung des gebeugten Ellenbogens, mit größter Zurückhaltung beurteilt werden, da sie vorgetäuscht sein, also selbst auf Röntgenbildern vollkommen normaler Ellenbogengelenke in Erscheinung treten können.

Am Schluß der Arbeit sei es mir erlaubt, Herrn Prof. Dr. D y e s für die Überlassung des Themas und seine liebenswürdigen Ratschläge bei Abfassung der Arbeit zu danken.

Bild 3
10° →

Bild 4
20° →

Bild 2
Mittelsenkrechte = Centralstrahl

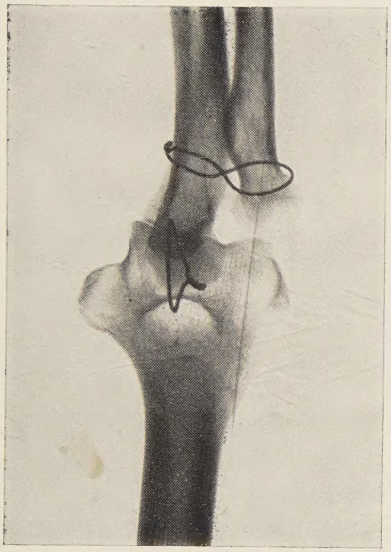


Bild 5
← 10°

Bild 6
← 20°

Literatur.

1. Spalteholz: Handatlas der Anatomie des Menschen. Bd. I.
2. Schultze-Lubosch: Topographische Anatomie.
3. Garré-Borchhard-Stich: Lehrbuch der Chirurgie.
4. Lanz-Wachsmuth: Praktische Anatomie.
5. v. Bardeleben: Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke von R. Fick, Bd. 1 mit 3.
6. Hildebrand: Kurze Einführung in das Röntgenverfahren.

Lebenslauf.

Am 17. November 1912 wurde ich als Sohn des Regierungslandmessers Otto Frost und seiner Frau Herta, geb. Wohler in Lauenburg/Pomm. geboren. In Königsberg/Pr. besuchte ich 3 Klassen Vorschule und 9 Klassen am Staatlichen Wilhelmsgymnasium und machte an dieser Anstalt im März 1932 das Abiturium. Anschließend studierte ich in Würzburg, Rostock und Bonn Medizin und machte im November 1937 das medizinische Staatsexamen in Würzburg. Seit 1. Februar 1938 bin ich als Medizinalpraktikant und Volontär-Assistenzarzt an der I. Med. Klinik, Krankenhaus lks. d. I. München tätig.

Ulrich Frost.

———————

Ich versichere hiermit ehrenwörtlich, daß ich die Arbeit selbständig verfaßt und keine andere Literatur als die angegebene benuzt habe.

Ulrich Frost.